Traité ou Memoire, sur une
Nouvelle Theorie, de la Science

des Mines.)
par (Belidor) 1729

N^o 16

Memoire Sur une Nouvelle Theorie de la science des Mines, Confirmée par un
Grand Nombre d'expériences, faite a L'école de L'artillerie de la Vierge

Devec a Monsieur de Valliere par Mr Belidor en 1729.

A Monsieur de Valliere, Marshall de Camp et Armées du Roy, Commandeur
de L'ordre Militaire de St Louis, Capitaine General des Mines de France.
Lieutenant General de L'artillerie, Directeur General des Ecoles du Mesmes
Corps et des Manufactures, pour L'armement des troupes.

Monsieur

La science des Mines vous etant redevable des principales Connoissances qui lui ser-
-vent de Base et de Principe aujourd'hui, il est bien juste que je vous fasse un hom-
-mage de la Memoire qui a esté a ce bien prendre, qui est suite de la Theorie
dont vous m'avez fait sentir que le sujet pouvoit estre susceptible, et que vous
cussiez donc voulu developper mieux que personne, si des objets plus essentiels au
Bien de L'etat ne vous en avoient distrait, et L'en peut dire Monsieur, que
par un Conformité de Genie, vous en avez usé ainsi que le celebre Descartes,
qui s'est contenté d'ouvrir le chemin des nouvelles decouvertes, laissant aux autres
le soin de le detailler. En effet il y avoit long temps que je cherchois a m'instruire
dans les Mines par des regles seules et demontrees, et non par des Maximes communes
qui ne conduisent tout au plus, qu'a faire des simples Mineurs. Lorsque, survenant
le discours que vous presentâtes autrefois a Louis le Grand sur leur utilité vint a
ma Connoissance je le lus avec autant d'adoration que de Plaisir. et je fus
si persuadé de la possibilité de tout ce que vous y insinuais que j'affray quelques
annees apres que si on vouloit me laisser exécuter votre systeme on feroit des
Contre-mines sous le glacis au Polygone par le moyen desquelles on pourroit jeter
le canon des Batteries des affiegeons dans le fossé de la place; quand on me vit
appuyé d'une Autorité comme la votre, Monsieur, tout le monde voulut participer a
une Experience aussi instructive dont la certitude fut confirmée par L'évenement,
mais il n'estoit pas besoin de cet exemple, les Enemis dans la dernière guerre se font
assez apperceus a leurs depens en tant d'occasions qui vous couvrent de gloire que vous

vos Principes étoient que trop bien fondés; Je souhaite ardemment Monsieur
que le Commentaire Quefén donne, dans ce petit ouvrage soit digne de votre
attention, c'est le fruit de l'émulation que vous excité dans une des Ecoles qui
ont l'avantage d'être sous votre direction. Je ne puis le soumettre à une
censure plus éclairée et plus judicieuse, et je feray bien dédomager du travail
qu'il me cause s'il devient un témoignage du Profond respect avec lequel
je seray toute ma vie

Monsieur

Votre très humble et très
obéissant serviteur Belidor

Nouvelle Theorie Sur La Science des Mines.

Les contradictions qu'on s'expose à essuyer quand on produit quelque opinion
nouvelle, et opposée à celles que d'anciens préjugés ont établis, ne m'auroit
pas permis de rendre le mémoire public, si je ne m'étois flatté que ceux
qui voudront se donner la peine de le lire d'un esprit désintéressé y ap-
percevront des vues qui peuvent avoir leur utilité, puisqu'il s'agit d'un
Système général sur la Theorie des Mines, par lequel on pourra avec plus
de précision que jamais se conduire dans les différentes opérations qu'on au-
ra besoin de faire exécuter; et pour qu'on ait quelque confiance aux choses
que je vais décrire, il est à propos que je prévienne qu'on a fait un grand
nombre d'expériences à la Fère pour voir si elles seroient d'accord avec
mes Principes, et qu'elles ont toutes répondu à ce que je m'en étois promis.

Avant que d'entrer en matière, on saura que le principal objet de ce
mémoire est de démontrer qu'on ne doit point regarder comme un principe certain
que le diamètre du grand cercle de l'entonnoir d'une mine fait toujours
double de la ligne de moindre résistance, comme on l'a prétendu jus-
qu'ici. puisque cela ne peut arriver que dans un seul cas, lorsque la
mine sera chargée d'une certaine quantité de poudre déterminée; de plus c'est
une erreur de croire qu'une mine étant chargée beaucoup au-delà de ce qu'elle
devroit être naturellement, ne soit qu'un trou ou puits, dont l'ouverture su-
périeure n'est gueres plus grande que la chambre où étoit la poudre; ainsi
que le rapporte ceux qui ont fait les épreuves de Tournay; et comme on la
vouloit insinuer depuis dans les mémoires de l'Académie Royale des Sciences

de L'année 1707, puisqu'il doit arriver tout le contraire, pouvant affirmer que si on fera, quand on le jugera nécessaire, des Mines dont le diamètre du grand Cercle, sera non seulement double de la ligne de moindre résistance, mais Triple, quadruple, quintuple, et même sextuple, par conséquent des Entonnoirs, plus grands que l'ordinaire, donc la raison que les quarrés des nombres 3, 4, 5, sont plus grands que celui du nombre 2, est à dire par exemple qu'àyant une mine dont la ligne de moindre résistance seroit de dix pieds, on pourra faire en sorte que le diamètre de son grand cercle en ait 60, ce qui donne une Capacité neuf plus vaste que de coutume, sans qu'il soit besoin d'avoir recours à d'autres Mystères que de changer la figure du fourneau, et augmenter la poudre selon certains rapports dont je feray mention dans la suite; enfin je démontreray par des raisons incontestables quelle doit être la figure de l'entonnoir d'une mine, et de quelle manière la poudre agit dans les Terrains différents, ou un fourneau peut se trouver établi. Mais comme pour bien juger, des effets de la nature il faut avant toute chose la bien étudier en elle même, et donc les principes; oublions pour un moment qu'il y ait jamais eut de Mines dans le monde, afin que dégagé de toute prévention, on soit mieux disposé à me suivre, Car les phénomènes les plus surprenans et qui paroissent les plus impenetrables sont toujours produit par des causes extrêmement simples. Il arrive quelque fois qu'on est fort long temps sans les Connoître, c'est qu'on s'y prend mal, on veut y trouver des choses qui n'y sont pas, et on laisse échapper celles qui y sont naturellement; et en effet les uns en veulent juger par de simples apparences, les autres prétendent y découvrir un merveilleux qui tient toujours l'esprit en suspens sans qu'il soit plus éclairé après de long recherches qu'au commencement. C'est la mauvaise Conduite qui a été cause que les Sciences ont resté si long temps sans faire de progrès, et qui fait encore que tant de gens qui pourroient aller loin restent toujours à peu-près dans le même état, faute de Méthode, si nécessaire pour la recherche de la vérité.

Article Premier

Si l'on imagine un globe ABCD de 20 ou 30 pieds de Diamètre composé de terre vierge, et homogène dans toutes ses parties, et qu'au Centre de ce globe il y ait un fourneau de Poudre Capable capable seulement d'un certain effet, au-dessous de celui qu'il faudroit pour le détruire, il est évident qu'y mettant le feu par quelque moyen que ce soit, la Poudre agira de tout costé à la ronde, car il n'y a pas de raison qu'elle agisse plus d'un Costé que de l'autre, et si l'on arrive le contraire quand on brule sur l'horizon, ce n'est pas qu'il y ait aucune Cause particulière qui la détermine du Costé du ciel, mais c'est qu'étant enflammée elle compose un fluide plus léger que celui de l'air, ce qui s'oblige à suivre la loi Générale des Mécaniques. Si on remarque seulement l'endroit où on en brule une quantité considérable la terre se comprime en forme de Creux, ce qui vient de la résistance que la flamme a trouver de

Le port de l'air, qui n'a pu se diviser assez promptement pour lui
 faire passage, mais dans un globe tel que je suppose, les circon-
 stances ~~ont~~ ^{n'ont} pas lieu, puisque l'air extérieur n'a aucune communication
 avec celui qui se trouve mêlé avec la poudre, et comme les parties
 de la terre sont naturellement séparées, par une infinité de pores d'une
 grandeur sensible à mesure que la poudre s'allumera, ils se comprime-
 ront les uns contre les autres, et la capacité du fourneau s'aug-
 mentera à proportion qu'il s'en sera enflammé une plus grande
 quantité mais la poudre n'aura pu écarter toutes les parties de
 terre qui environnent le fourneau, sans imprimer un certain degré
 de mouvement aux autres qui sont après, celles cy choqueront celles
 qui leurs sont contigues, et les dernières leurs voisines, de façon que
 le mouvement se communiquera de toute part, tant par une succession
 de chose que par la poudre même qui s'insinuera dans les pores
 pour pénétrer aussi avant qu'il lui sera possible. Mais comme toutes

+ Les parties de terre
 perdront de leur

mouvement, à mesure qu'elles se communiqueront, il y aura un terme
 où il ne sera plus capable d'une impression sensible sur les parties
 éloignées, de même la poudre cessera de pénétrer au delà d'une
 certaine distance, quand elle se sera dilatée dans un espace indé-
 finiment plus grand que celui qu'elle occupoit au commencement
 de son inflammation, et la force élastique viendra mourir à une
 distance du centre, comme par exemple à la circonférence FF. Car
 on peut regarder l'émersion de la figure comme exprimant les dif-
 férents degrés de force de la poudre qui vont toujours en diminu-
 ant à mesure qu'elle agit à une plus grande distance du fourneau,
 et les terres qui en auront reçu l'impression, composeront un globe
 FF, dont la surface déterminera le terme où aura fini l'action de
 la poudre, et comme il nous arrivera souvent de faire mention
 de ce globe, nous le nommeront à l'avenir, Globe de Compression.

Art. 2^{me}

venant de supposer que l'action de la poudre (soit par elle même, ou
 par les parties qu'elle a mise en mouvement) s'étoit terminée à la sur-
 face FF, du Globe de Compression, il est évident que toutes les terres
 qui se trouvent un peu au delà, seront à peu près dans les mêmes
 état qu'elles étoient auparavant, sans qu'il leur soit arrivé auc-
 cun changement remarquable, parce autrement il faudroit que
 l'impression eût passé le terme que nous lui avons supposé, ainsi il
 y a toute apparence que quand il n'y auroit qu'un médiocre intervalle
 entre la surface du Globe de Compression et celle du Globe ABCD,
 cette dernière sera demeurée aussi entière que s'il ne s'étoit rien
 fait au centre, puisqu'elle ne peut être ébranlée que les parties qui font
 immédiatement dessous ne lui aient communiqué de leur mouvement, et comme
 on a supposé qu'elle n'en avoit pas reçu, il n'y a donc point de raison

pour que cette surface ait souffert la moindre altération; on pensera peut-être que si le rayon FA du globe $ABCD$ ne surpassait le rayon EF de celui de Compression que d'un pied et demi ou deux pieds seulement, il serait bien étrange que la poudre ait agi jusqu'à FF sans causer un grand dérangement dans les parties qui sont au-delà, principalement à la surface c'est pourquoi il est à propos de ne passer légèrement sur cette article qui deviendra de conséquence par la suite. pour rendre la chose plus sensible, nous supposons que le rayon du globe de Compression est de 30 pieds, et celui du rayon $ABCD$ de 32, or la solidité de ces deux globes est donc dans le rapport des Cubes de leurs rayons, c'est à dire comme 3000 est à 3728, l'on voit que la masse qui fait la différence de ces deux globes, se trouve valoir pres de trois quarts de celle du globe de Compression. Si l'action de la Poudre, suivant notre supposition, a suffi à peine pour agir jusqu'à la circonférence FF , Comment serait-il possible qu'elle peut ébranler les parties de la Masse qui se trouve au-delà, Car si l'on admet pour un moment que ces effets soient proportionnés à leur Cause, quand il faudra 3000 livres de poudre pour former un globe de Compression Capable du rayon EF , il en faudra 3728 livres pour un autre globe de Compression Capable du rayon EA , c'est à dire 728 livres de plus qui est un objet considérable, ainsi il ne faut pas juger de la masse que le grand globe a de plus que le petit, par le peu de distance qu'il se trouve entre leur surface.

art. 3^{me}

L'on peut conclure qu'ayant deux globes de terre inégaux, au centre desquels il y ait une certaine quantité de poudre, au-dessous de celle qu'il faudrait pour que l'impression fût jusqu'à leur surface, si ces globes sont composés de parties Homogènes, les charges sont dans la même raison que les Cubes des rayons des globes de Compression, et que si de ces deux globes de terre, il y en a un dont les parties ont plus ou moins de ténacité que celles de l'autre, les charges sont dans la raison composée des Cubes des rayons, des globes de Compression et de la ténacité qui se trouvera de part et d'autre.

art. 4^{me}

Nous venons de supposer que quoique les deux globes de terre fussent de ténacité différente, cette ténacité étoit également répandue de part et d'autre, mais si cela ne se rencontrait pas, on peut considérer deux cas de cette espèce, le premier ou la ténacité croît en augmentant depuis le centre du globe, jusqu'à la surface, selon que les orbes qui composent les Elémens d'une sphère augmentent eux-mêmes c'est à dire selon les carrés des termes d'une progression arithmétique. le second ou la ténacité au contraire diminuerait depuis le centre jusqu'à la surface, dans la raison inverse de l'augmentation des orbes, alors pour que les charges fussent Capables de produire des globes de Compression égaux, il faudrait avoir égard aux raisons composées que toute les lois de la Nature sont nées, comme je le ferai voir dans la suite.

art: 5^{me} Preneant un globe de terre homogène tel que celui dont nous avons fait mention en premier lieu, il est constant que plus la charge sera considérable, et plus le rayon du globe de compression sera grand, puisque la poudre mettra un plus grand nombre de parties en mouvement de sorte que si le rayon du globe de compression devenoit égal à celui de terre, le mouvement se feroit communiquer successivement depuis le centre jusqu'à la surface, soit par le choc des parties, ou par la poudre même qui pourroit s'insinuer jusqu'à la pour lors la surface se déviagera de tout côté par une infinité de fentes, qui laisseront à l'air intérieur, ou si l'on veut à la fumée de la poudre la liberté de se dilater, et de sortir en vapeur épaisse, comme on le remarque dans l'effet des mines qui n'ont point été assez chargées. Mais si la charge étoit capable d'un globe de compression beaucoup plus grand que celui de terre, pour lors l'impulsion pouvant non seulement ébranler la surface de ce dernier, mais encore les parties de terre qui se trouveront au delà, si le globe étoit plus grand que je le suppose, les parties de la surface seront écarter à la ronde, et les autres qui seront au-dessous ne trouvant plus d'obstacle qui les arrête, seront aussi poussées loin du centre, selon les directions qui suivront celles des rayons, tant qu'enfin le globe soit entièrement détruit. Mais remarquer qu'avant que cette destruction arrive, il faut nécessairement que les parties de la surface cedent les premières, sans qu'il soit impossible à celles qui sont vers le centre de s'échapper, cette circonstance quoy que bien naturelle aura son utilité par la suite.

art: 6^{me}

Si l'on considère que la poudre à mesure qu'elle s'enflamme acquiert de nouveaux degrés de force, qui augmentent dans la raison des cubes des instants écoulés depuis le commencement de l'inflammation, ainsi que je s'en ay fait voir dans le mémoire que j'ay écrit sur ce sujet, on appercevra relativement à l'article précédent qu'il y a un moment où il se trouve une certaine quantité de poudre enflammée, suffisante pour faire un globe de compression égal au globe de terre même, et par conséquent la force de cette quantité sera à la force que toute la poudre aura acquise au dernier instant de son inflammation, comme le cube du rayon de terre seroit au cube d'un rayon d'un globe de compression dont toute la poudre auroit été capable, et

comme celui cy sera plus grand que le précédent, l'on voit que la différence des cubes des rayons de ces deux globes, peut exprimer la force avec laquelle la poudre a chassé toutes les parties du globe de terre après les avoir détachées.

NB il faut s'attacher à bien comprendre les articles 5, 6, et 7, sans se mettre en peine du rapport qu'ils peuvent avoir avec l'effet des mines, parcequ'on y arrivera insensiblement sans presque s'en appercevoir, et voilà ce que j'appelle méthode. Car il ne faut pas penser qu'on pourroit à une parfaite connoissance, d'une suite compliquée si l'on ne va par degrés du simple au composé et l'est ce qui fait que distinctement parcequ'on veut tout embrasser à la fois.

car il ne faut pas penser qu'on pourroit à une parfaite connoissance, d'une suite compliquée si l'on ne va par degrés du simple au composé et l'est ce qui fait que distinctement parcequ'on veut tout embrasser à la fois.

art: 7^{me} Reprenant encore un globe de terre ABCD dont la charge a formé seule-
 ment le globe de compression FF, il est à remarquer que quand même le globe
 Fig: 2^{me} de terre ne seroit pas rond, mais incomparablement plus épais depuis E jusqu'à
 en la, que depuis E jusqu'à A, cette différence telle grande qu'elle puisse être, ne caus-
 =fra aucun changement à la formation du globe de compression, pourvu qu'il
 cela soit toutes les parties en soient bien homogènes, car la poudre fera tou-
 =jours son effet à la roide, à une certaine distance du centre, et il arrivera
 =ra la même chose que si le globe de terre étoit parfaitement rond, quoiqu'il
 qu'il y ait un côté beaucoup plus faible que l'autre on ne s'en apercevra
 nullement, puisque le globe de compression ne s'étend pas au-delà de la cir-
 =conférence FF, il y aura un espace d'équilibre entre les points A et C, mais
 s'il devoit plus grand, c'est alors que d'équilibre de ces deux points seroit
 rompu, et que la poudre agiroit du côté du plus faible.
 Cet article sert à faire connaître que les mines ordinaires forment tou-
 =jours dans un terrain homogène un globe de compression quoiqu'il y ait in-
 =finement plus de terre au dessous du fourneau qu'au dessus.

art: 8^{me} Les principes qu'on vient d'établir sont si naturels, que je ne crois pas qu'on
 puisse les contester, car l'on conviendra que la poudre venant à s'enflam-
 =mer au centre d'un globe de terre, dont les parties sont homogènes,
 son effet doit se partager également de tout côté comme je l'ai in-
 =finer dans l'article 3^{me}, et l'expérience qui ne dément jamais
 les vérités clairement connues, a fait remarquer plusieurs fois dans
 l'usage des mines la certitude de ce que je viens de dire, puisque des
 galeries qui étoient éloignées des fourneaux au-delà de la ligne de
 moindre résistance, ont été brisées et remplies de fumée, tant la
 poudre avoit pénétré; ce qui prouve bien qu'avant de prendre son
 essor du côté du plus faible elle est un temps sans se connaître, pen-
 =dant lequel elle sonde, pour ainsi dire tout autour du fourneau pour
 trouver l'endroit par lequel elle pourra mieux s'échapper. Car il est
 hors de doute, que si elle en trouvoit un plutôt vers le fond ou les
 côtés que vers le ciel, elle ne s'y déterminât, comme cela est arrivé
 plusieurs fois à des mines qui n'ont pas agité du côté qu'on se le étoit
 proposé, quoiqu'elles eussent été chargées suffisamment, parce qu'elles s'é-
 =rencontrer des chambres dans leur voisinage, qui étoient moins éloignées
 du centre du fourneau, que l'extrémité de la ligne de moindre résistance,
 et pour en citer un exemple nous fîmes à la Fère en 1723 deux four-
 =neaux à 20 pieds de ligne de moindre résistance dans le même terrain
 et sur le même plan, l'un chargé de 900 lb de poudre et l'autre
 à 3000 lb. le premier forma une monticule d'environ 33 toises cubes
 de terre. en établissant les deux fourneaux nous savions bien qu'ils
 n'étoient pas assez chargés pour faire des entonnoirs d'une certaine gran-
 =deur, mais c'étoit justement ce que l'on demandoit, afin qu'on en put
 tirer des conséquences, pour juger de la quantité de poudre qu'il falloit
 dans le terrain la que nous ne connoissions pas encore, n'y ayant pas
 =mais fait d'épreuve; et l'autre ne fit aucune effet sensible quoiqu'il
 qu'il fut chargé de 300 lb de plus; on crut d'abord que le feu du four-
 =neau avoit été coupé, ou qu'une chambre de carrières qui ont été fré-
 =quentes autrefois dans ce terrain la, avoit pu se rencontrer dans le

voisinage du fourneau; en effet quelque jours après la terre s'enfonça, et fit un puits qui pouvoit avoir 32 pieds de diamètre et 7 à 8 de profondeur, mais il falloit que la carrière qui en a été cause fut éloigné du fourneau au moins de 32 à 35 pieds, pour que la poudre avant que de s'y déterminer, eût pu vaincre la ténacité de 20 pieds de ligne de moindre résistance.

J'ajouteray pour montrer combien la poudre agit violemment de tout côté, que si l'on a deux fourneaux un peu surchargés, éloigné l'un de l'autre de 28 à 30 pieds sur un même plan dont la ligne de moindre résistance soit de 22 à 23 prenant feu en même temps, ils formeront ensemble un grand entonnoir dont l'ouverture sera de figure elliptique, sans qu'il paroisse au fond aucune séparation, parceque les deux globes de compression venant à se croiser, concourent ensemble à enlever la masse qui separe les deux fourneaux, et c'est ce qui est arrivé aux mines que nous avons fait jouer qui avoit les mêmes dimensions que celles que je viens de citer; et comme elles étoient pratiquées dans du moilon, on peut juger combien la poudre a pu pénétrer avec activité pour enlever une masse aussi considérable que celle qui les séparoit; je ne ferois jamais si je voulois rapporter les raisons et les expériences qui prouvent que la poudre enflammée dans la terre forme un globe de compression, et j'en aurois même moins dit si je n'avois cru qu'il étoit essentiel à bien établir ce principe.

Les mines dont on parle ici furent faites en 1724 à une lieue que nous fîmes à notre poligone, comme les assiégés doivent établir des batteries sur le glacis aux attaques de la droite et de la gauche pour battre en brèche le corps de la place, Je proposay à nos chefs de faire des contre mines dont les fourneaux seroit disposés de façon que venant à jouer, ils ne manqueroient pas de jeter le canon de l'ennemy (qui étoit de 24) dans le fossé des bastions, les ayant exécutés elles firent l'effet que j'avois dit, ce qui servira à confirmer le système de M. de Valère, malgré la prévention de quelques personnes qui soutenoient le contraire, parceque apparemment elles n'entendoient bien le mécanisme.

Art: 9^{me} Pour appliquer ce qu'on vient d'expliquer à l'effet des mines nous sup-
posons que la ligne CEH , exprime l'horizon, que les terres de dessous sont parfaitement homogènes; et qu'à l'endroit A il y a un fourneau capable d'un globe de compression incomparablement plus grand que celui qui auroit pour rayon, la ligne de moindre résistance AE , nous supposons aussi que le temps que la poudre mettra à s'enflammer totalement est divisé en cinq instants égaux, cela posé si donc dans le premier instant elle forme un globe de compression dont A soit le rayon, il est évident qu'à la fin du second instant, elle en formera un autre beaucoup plus grand, et si celui C a son rayon égal à la ligne de moindre résistance, l'impulsion étant parvenue jusqu'à la circonférence $CMLR$ sera sur le point de connaître le plus faible, et par conséquent d'agir de ce côté là parceque si la poudre ne continuait pas à acquies de nouvelle force, il n'arriveroit aucun effet sensible sur l'horizon, puisque selon l'idée que nous nous sommes fait du globe de compression,

L'impulsion de la poudre se termineroit a la circonférence C.N.L.R. a moins
qu'il ne parvienne un nouveau degres de force Capable d'un plus grand
effet; alors s'il ne se trouve pas sur l'horizon d'obstacle a surmonter,
une partie de la surface de la terre qui regne autour du point C
sera chassée en l'air; les terres qui sont au dessous suivront les
premières, et laisseront aux autres plus bas, la liberté de s'échapper,
et le ciel du fourneau se trouvant moins chargé d'au paravant,
cedera a l'effort de la poudre, qui trouvant de ce côté la beaucoup
moins de resistance qu'ailleurs, s'y determinera absolument sans s'arê-
ter davantage a pénétrer les terres pour augmenter le globe de compres-
sion, et continuant a s'enflammer, a mesure que le ciel du fourneau
fait, elle se dilatera le long de la ligne de moindre resistance
A.C. sans causer d'autres effets qu'un espace de points S.V.X.T. un peu
plus large en haut qu'en bas, car autrement il faudroit qu'en suivant
cette ligne elle s'insinua toujours de plus en plus dans les terres pour
les détacher a mesure qu'elle approche de l'horizon, ce qui ne paroit
pas naturel, pouvant s'échapper par le chemin le plus court et le
plus facile, et qu'elle suive avec d'autant plus de célérité qu'il y en
aura une plus grande quantité enflammée.

Selon ce raisonnement il semble qu'une mine ne devrait faire qu'un puits
et non pas un entonnoir, du moins est la première idée qui se présente
quand on raisonne sur l'effet que devrait produire la poudre renfer-
mée dans la terre, et je puis dire que ça a toujours été a ce point
ou je me suis trouvé arrêté, depuis que j'ay commencé a avoir quelque
connoissance des mines; toutes celles que je voyois jouer me montroient en
vain le contraire, je n'étois point satisfait, je voulois savoir pour-
quoy l'entonnoir étoit beaucoup plus large en haut qu'en bas, personne
jusqu'icy n'en ayant donné la demonstration; quel sujet d'inquiétude
quand on aime a s'instruire de voir la raison présenter un sujet par
une fausseté et d'expérimenter par une autre toute opposée! mais il me semble
qu'une espèce de fatalité veut que en tout genre les idées les plus naturelles
ne soient pas celles qui se présentent le plus naturellement, puisque la
cause dont il s'agit est des plus simples comme on va le voir.

Art. 30^{me} S'il y avoit sur la surface de la terre une certaine matière fluide
Fig. 3^{me} d'un poids considerable, comme de l'eau également repandue de
toute part a la hauteur de 30 ou 40 pieds, la force que la poudre
acquerra après avoir formé le globe de compression C.N.L.R. ne
trouvera pas la même facilité d'enlever le ciel du fourneau, que
s'il avoit simplement que les terres qui respondent a la ligne de moi-
ndre resistance; puis qu'ayant a surmonter un poids bien plus conside-
rable elle penetrera plus avant qu'elle n'a fait jusqu'icy les environs
du fourneau, et pourra former un globe de compression E.M.D. beaucoup
plus grand que le précédent, le que je suppose arriver dans le trois-
sième instant, et pour lors la surface de la terre ^{de} plane qu'elle étoit,
deviendra convexe, et causera la Monticule E.P.D. qui sera un segment

de sphere, comme j'en ay été parfaitement convaincu par une ex=
perience dont je feray mention plus bas, mais cette Monticule n'au=
ra pu s'élever qu'avec bien de la peine, a coup du fluide que
nous avons supposé couvrir la surface de la terre. quelle n'aura
fait que commencer a vaincre, parceque la poudre dans le moment
n'aura pas encore atteint la force qu'il lui faut pour se sur=
monter entièrement, mais si continuant a s'enflammer, elle ac=
quiert dans le quatrieme instant une nouvelle impulsion qui la
met en Equilibre avec le poids des terres, et celui des fluides, elle
agrandira tout de nouveau le globe de compression, par conséquent
La Monticule qui formera le segment O.Q.Z. et s'enflammera
toujours de plus en plus elle prendra l'avantage sur la resistance
qu'elle a trouvée jusqu'icy, ce qui arrivera dans le cinquieme et dernier
instant, et toutes les terres qu'elle a détachées avec d'autant plus de
Celerité, qu'on sçait que celle qui s'enflamme dans le dernier instant,
est bien plus grande sans Comparaison, que celles qui agissent dans
les autres précédents; ce que je viens de supposer n'aura rien
d'extraordinaire, si l'on fait réflexion qu'il arrive souvent dans la
nature de semblables Phenomenes, les Isles qui environnent celle
de Santorin, et qui ^{sont} sortis du sein de la terre pour s'élever
au dessus de la surface des eaux dans une endroit ou la Mer
avoit plus de 60 brasses de profondeur, n'auroient pas été
a beaucoup près si grandes, si l'air rarifié par ces feux sou=
terrains n'avoit eu a surmonter que le poids des terres comme
si cela fut passé en pleine campagne, sans qu'il y eut encore
un poids étranger a vaincre. mais ne perdons pas de vue notre su=
jet, et Considérons que la poudre a effectivement quelque chose de
plus que la resistance des terres a surmonter, c'est a dire le poids
de l'atmosphere qui tout insensible qu'il parait est l'unique Cause
qui fait que la poudre forme un globe de compression beaucoup
plus grand, que celui qui auroit pour rayon la ligne de moindre
resistance, car comme une Colonne d'air d'un pied quarré de
Basse, pese 2232 lb on peut juger quel poids Immense elle est obli=
gée de surmonter, independamment de celui des terres, pour s'élever au
dessus de l'horizon, puisque si le plus grand globe de compression O.Q.Z.K.
repondoit a l'horizon par un cercle O.Q. de 40 pieds de diametre, il
serviroit de base a une Colonne d'air qui pese 2266368 lb dont
la resistance se fera bien sentir dans le moment que la surface
de la terre voudra s'élever. assez remarquable que l'effet d'une mine
agit en deux tenes; d'abord on voit la surface de la terre s'enfler
assez doucement pour être aperçue, et peu après chassée avec violence,
parceque c'est dans le moment que la plus grande quantité de poudre

acheve de s'enflammer, et reunit ses efforts vers le ciel pour chasser plus
que de ce côté là. Mais dirait-on, Comment est-il possible que l'air qui se divise
si aisément et qui semble céder au moindre effort puisse causer tout d'obsta-
cle? J'avoue qu'on a peine à se l'imaginer, quand on n'est point prevenu
de choses extraordinaires dont il est capable. Cependant c'est pas plus
surprenant que ce qui arrive à un soufflet dont on veut séparer les ailes
après avoir bien bouché le conduit et le trou de la soupape, on trouve
une résistance presque infinie, parceque voulant agrandir le volume du souf-
flet, on tend à lui faire occuper un plus grand espace qu'auparavant.
L'air que l'on chasse ne sachant où se loger, résiste avec une force qu'on
ne croiroit jamais si l'expérience ne le confirmoit; de même quand la
surface de la terre commence à s'enfler, l'air dont elle veut occuper la
place ne sachant où se mettre, résiste avec tout le poids dont il
est capable, qui diminue à la vérité à mesure qu'il trouve à s'intro-
duire dans les endroits que la terre laisse vides, tant qu'enfin cette
résistance devient presque insensible, mais si l'air résiste autant qu'
je viens de l'infinuer, il faut remarquer que cela vient de ce qu'il
n'a aucune communication avec celui de la mine, parceque la galerie
qui conduit au fourneau a été bien remplie, ainsi l'air que
la terre veut chasser, ne peut s'introduire dans la chambre pour
occuper le vuide que la pression et soulèvement de terre a formé,
et cela est si certain, que si l'on faisoit un canal qui communiqua
depuis l'entrée de la galerie jusqu'au fourneau, pour que l'air put s'y
infinuer, à mesure que les terres commenceroient à s'enfler, je suis
persuadé que l'entonnoir ne fera pas à beaucoup près le grand que
l'on prend les précautions contraires, ce qui fait bien voir la con-
séquence de charger les fourneaux avec attention, et de ne pas boucher
les galeries à la légère, comme on le fait le plus souvent.

La méthode ordinaire pour charger une mine est d'employer des portes,
des madriers, des étoupeons, et des trepilloirs, mais on peut se passer de
tout cet appareil, et rendre les environs du fourneau bien plus solides,
en faisant en sorte que la face supérieure de la Coffre repose im-
médiatement aux terres vierges, ce qui peut contribuer à rendre l'en-
tonnoir plus spacieux comme je l'ay pratiqué plusieurs fois ainsi
qu'on le verra dans un autre Mémoire.

Art. II^{me} Je crois ^{avoir} suffisamment prouvé que la poudre qui s'enflammoit dans
Fig 5^{me} le fourneau d'une mine, agissoit suivant des directions qui seroient
celles des rayons d'un globe, ainsi pour peu qu'on y fasse attention, il n'en
faut pas davantage pour voir que quand la surface de la terre aura
formé la Monticule C.B.D. dans le quatrième instant de son Inflam-
mation, toutes les parties de la terre qui sont depuis le centre
jusqu'à la surface de cette Monticule, composeront un secteur de Sphère
C.A.B.D. Je fais abstraction du vuide que cause le fourneau, par conséquent
de la partie tronquée A.K.L.M.; qui empêche que le secteur ne soit entier;
de même quand je considérerois ce solide comme une Cone, je ferois encore
abstraction de la partie tronquée, parcequ'elle n'est d'aucune conséquence
pour en être plus convaincu, nous ferons voir que la Courbe C.B.D. est un por-
tion de cercle dont le point A. est le centre. pour cela, je considère que la poudre

poudre doit agir d'abord avec plus ou moins de force sur le plan circulaire
 C.D. (qui n'est autre chose que la surface de la terre, avant que la mon-
 ticule ~~ait~~ été formée) selon que les points de ce plan sont plus ou moins
 éloignés du centre du fourneau, car l'impulsion qui regnera le long de
 la perpendiculaire A.E. étant portée du centre pour parvenir à l'extrémi-
 té E, y fera plus d'impression que celle qui regnera le long de la ligne
 A.F. parcequ'elle trouve moins de parties à communiquer son mouvement
 de A en E, que de A en F il lui restera d'autant plus de force en E qu'en
 F donc la raison réciproque de A.F. à A.E., or si l'on avoit deux corps
 égaux en pesanteur, l'un en E. et l'autre en F. que le premier fut poussé
 de E. en B. avec l'impulsion qui regne le long de la direction A.E. et l'autre
 de F. en H. avec la même impulsion, suivront la direction A.F. les
 deux EB que le premier Corps parcourra surpassera autant l'espace F.H.
 que parcourra le second corps; que A.F. surpassa A.E., ainsi les lignes
 AB et AH seront égales. par la même raison s'il y avoit un autre
 Corps au point G, poussé suivant la direction A.G. avec une force
 égale à la précédente, le chemin G.I. qu'il parcourra sera d'autant
 plus petit que le chemin F.H. donc la raison que la ligne F.A. est
 plus petite que A.G.; ce qui prouve encore que les lignes A.I. et A.H.
 sont égales. il arrivera toujours la même chose, tant qu'enfin l'im-
 pulsion a force d'avoir communiqué son mouvement à un plus grand
 nombre de parties se terminera au point D ou il ne lui restera pas
 assez de force pour chasser le qui pourroit s'y trouver, or puisque toutes
 les lignes de AB, AH, A.I., AD, sont égales, les points B, H, I, D sont donc
 donc une circonférence de cercle.

Fig: 4 petite Monticule qui a été confirmée par l'expérience; ayant fait faire plusieurs
 fourneaux à 15 pieds ^{de ligne} de moindre résistance, les uns chargés avec plus de
 poudre qu'il n'en falloit naturellement, et les autres avec beaucoup moins,
 il arriva qu'un de ces fourneaux ou il y avoit 90 lb ne fit que soulever
 les terres qui formaient une Monticule AEB bien régulière, ayant trois
 pieds de hauteur dans le milieu, et 20 pieds de diamètre, or pour
 sager si cette Monticule étoit une Secteur du globe de compression,
 Je considérai (pourquoi cela fut) qu'il falloit que le rayon AD du cercle
 qui seroit de base à la Monticule se trouva moyenne proportionnelle,
 entre les parties CD, et DE, du diamètre CF, et comme la ligne de mai-
 =dre résistance ED étoit de 15 pieds, le rayon E.C, se trouva de 18,
 ainsi DF étoit de 33 pieds et DE de 3 J'appercus que effectivement
 multipliant ces deux nombres l'un par l'autre, ils donnaient 99 pieds
 pour le produit qui est à une unité près, égal au carré du rayon
 AD. de sorte que si la hauteur CD de la Monticule avoit eu quatre lignes
 de plus (ce qu'elle pouvoit bien avoir car on n'y a pas pris garde de ligne)
 le carré de la ligne AD se seroit trouvé exactement égal au rectangle
 des parties du diamètre. J'avoue que cette remarque me fit plaisir et me
 confirma plus que jamais dans mes idées.

Art: 12^{me}. Pour achever ce qui me reste à dire sur la Figure de l'entonnoir, remarque que
 Fig: 5^{me} si la poudre après avoir formé le secteur ACBD continue à s'enflammer, elle chassera en dehors tout ce qui compose le secteur, selon les directions des rayons AB AH AI &c avec des degrés de vitesse qui pourront être exprimés par les différences de ces mêmes rayons, avec les lignes correspondantes AE AF AG &c et c'est en effet ce qu'on apperçoit quand une mine joue, les terres qui répondent à la ligne de moindre résistance, s'élèvent bien plus haut que celles qui approchent davantage de la circonférence de l'entonnoir, et ce sont ces différents degrés de vitesse joints aux différents obliques des rayons qui font que les débris sont écartés à la ronde à différentes distances, ou ils semblent former une quantité des cercles concentriques.

Puisque ACBD, est un secteur de sphère provenant du cône CDA, qui n'a changé de figure qu'à cause que ses parties ont été peu écartées les unes des autres ce n'est donc pas sans fondement qu'on a cru que l'excavation d'une mine ressembloit à une cône. Cependant l'expérience montre sensiblement, que l'entonnoir ne s'allant pas terminer en pointe par le fond, forme plutôt un cône tronqué que toute autre figure, comme en effet c'en est un, ainsi qu'on va le voir.

Fig: 6^{me} Quand le cône ABC est entièrement détaché, et qu'il commence à s'élever tant soit peu, toutes les terres qui répondent à la surface ILK du fourneau sont mises en action par la poudre, ou si l'on veut par un air extrêmement raréfié, qui en ayant pénétré les pores ne cherche qu'à s'échapper, et dès qu'il trouve la moindre issue, il chasse tout ce qui est de ce côté là, quand bien même le foible qui en survient ne seroit pas dans la direction que l'impulsion de la poudre devoit naturellement suivre. ainsi quand les cotés IE, et KF, commencent à être foulés du poids de toute la masse ABC à l'instant les mêmes cotés sont écartés par l'effort que la poudre fait pour sortir des pores où elle s'étoit infinuée, et comme elle agit avec plus de force vers les endroits IC, et KH, que vers ND, du côté desquelles elle va toujours en diminuant, elle détachera beaucoup plus des parties à proportion en bas qu'en haut. d'ailleurs comme dans le moment que la masse ABC commence à fuir, il reste encore une grande quantité de poudre à s'enflammer, il arrive que se joignant à celle qui se trouve dans les pores de la surface concave de l'entonnoir, les terres qui composent la différence du secteur ABC, au solide E.H.F.G. suivent les autres qui ont été détachés des premières, d'où il résulte un déblais total, dont le vuide est un cône tronqué E. L. H. F. un peu arrondi par le fond, mais qui ne paroît pas tout à fait du même après que la mine a joué, parce que les terres qui restent tombent, comble entièrement le fond de l'entonnoir; il nous est arrivé quelque fois de vider les terres, et nous avons toujours trouvé que la coupe de l'entonnoir ressembloit à la Fig: 8^{me} principalement. Conséquemment pour jouer un fourneau en 1725 chargé de 980 lb de poudre, comme on l'avoit

4
Etablit donc un terrain fort dur, il étoit de distinguer les terres vierges, d'avec celles qui étoient retombées, ou qui n'avoient été que meurtries. Comme ne peut disputer que la poudre qui s'enflamme dans le fourneau d'un mine s'agit à la ronde selon la direction des rayons d'un globe, l'on voit qu'il faut nécessairement que les lottés EA , et FH de l'entonnoir, soient composés des lignes ^{droites} plutôt que de Courbes, et si l'on a remarqué le contraire dans quelques expériences qui ont été faites autrefois, il faut apparemment qu'il se soit rencontré de la part du terrain des parties hétérogènes qui ont causé de rebroussement dans l'action de la poudre, ce qui a pu former des Courbes qu'on a aperçues. d'ailleurs quand une mine a foncé, les terres de la surface de l'entonnoir sont tellement ébranlées que lorsqu'on n'en voudra juger que par les sens, on pourra en fouillant former la figure de telle solide que l'on voudra, ainsi il semble qu'il n'y a guère que le rayon qui puisse distinguer au vrai ce qui en est.

Art: 33^{me} Ceux qui ont pensé les premiers que l'entonnoir étoit un Cône tronqué, mais sans aucune démonstration, ayant vu en déblayant une partie des terres qui étoient retombées, qu'à la profondeur de la ligne de moindre résistance il y avoit une espèce EA assez considérable, ont dit que l'excavation pourroit s'exprimer par un Cône tronqué $ABCD$, dont le petit cercle repandoit au plan du fourneau sans faire mention d'aucune concavité au dessous, comme si la terre de ce lotté Ca étoit inébranlable, et pour rendre la chose plus admirable, ils ont donné pour règle générale que le rayon AE étoit égal à la ligne de moindre résistance EF , et que le rayon BF n'en étoit que la moitié, de sorte ^{que} selon eux, les lignes AE , ED , EF , et BC devoient être égales; mais quoique l'entonnoir soit un cône tronqué ainsi que je viens de le le prouver, je suis bien éloigné de croire que la poudre soit assujettie à ces circonstances, puisque la grandeur par le fond dépendra toujours de plus ou de moins de poudre dont le fourneau sera chargé, ce qui déterminera la grandeur du diamètre du globe de compression, par conséquent celui du Cône tronqué par le fond; Que si l'on prétend que le diamètre soit égal à la ligne de moindre résistance dans une masse qui seroit composée de terre douce, et homogène, quand les fourneaux sont chargés ainsi qu'il est indiqué dans les tables dont les mineurs se servent, je puis bien assurer qu'on ne trouvera jamais le diamètre si grand qu'on se l'imagine, puisqu'à des mines que nous avons fait jouer qui avoient dix pieds de moindre résistance et chargés à 3000 lb de poudre, tandis que le tableau ne proposoit que 93^{es} le fond ne s'est trouvé avoir que cinq pieds de diamètre, et comme il eût été bien moindre, si au lieu de 3000 lb on n'en avoit que 93^{es} (puisque

15

La Pression des terres auroit été moins considérable, aussi bien que la grandeur du coffre qui cause plus ou moins de vides, de son côté dans la chambre de la mine selon la poudre que l'on y met) On voit dès lors qu'il n'y a pas d'opposition que le diamètre du fond puisse jamais égaler la ligne de moindre résistance dans le cas même où cette ligne seroit égale au rayon du grand cercle de l'entonnoir.

au reste je ne prétends pas blâmer ceux qui ont compté la dessus, je trouve plutôt qu'ils ont eu raison de déterminer les dimensions du cône tronqué, ainsi qu'ils l'ont fait, surtout dans un temps où on n'y prenait pas garde de si près, cela n'a pas empêché que les mines n'aient fait ce qu'elles devoient faire dans les occasions, au contraire cette erreur a eu son mérite, puisque supposant le cône tronqué plus grand qu'il n'étoit effectivement, les fourneaux se trouvoient chargés un peu plus qu'on ne croyoit, et causaient un plus grand déblais, lorsqu'il étoit question d'établir un logement sur l'angle d'un chemin ou :

est ou ailleurs.

Art: 34^{me} L'air étant la principale cause des entonnoirs que forment les mines, si l'on

Fig: 9^{me} 230^{me} suppose pour un moment que sa résistance augmente à proportion de la quantité de poudre dont on voudroit surcharger un fourneau, on peut conclure de tout ce qui précède, que plus il y a de poudre dans une mine, et plus le globe de compression doit être grand, de même que les entonnoirs, que par conséquent ce n'est point la ligne de moindre résistance qui détermine leur grandeur, mais bien le rayon du globe de compression, c'est à dire le côté CB du cône ACB que la poudre commence à former avant d'enlever le côté tronqué car comme une même ligne de moindre résistance, peut appartenir à une infinité des fourneaux plus ou moins chargés, par conséquent à une infinité des globes de compression de différente grandeur, il faut de nécessité que ces globes étant coupés par le plan de l'horizon, donnent des segments, ou des arcs d'entonnoirs proportionnés à la charge qui les causera, et sans s'embarrasser du rapport qui peut se rencontrer entre les diamètres du cône tronqué et la ligne de moindre résistance, on trouvera toujours les rayons DB et HF des entonnoirs que doivent former deux fourneaux chargés inégalement, en considérant qu'il y a même raison du premier à celui du second, que du cube du rayon CB au cube du rayon CF. or supposant qu'ayant chargé une mine avec une quantité de poudre suffisante pour former un entonnoir d'une grandeur raisonnable, on veut savoir quel diamètre donnera l'effet d'une charge beaucoup plus considérable que la précédente, il faudra après avoir fait une épreuve, mesurer exactement le rayon DB du grand cercle de l'entonnoir, le multiplier par lui même, afin d'en avoir le quarré qu'il faut ajouter à celui de la ligne de moindre résistance DC, ensuite extraire la racine quarrée de la somme de ces deux

Produits, et la Multiplier par la somme des deux produits mesmes, afin d'avoir un autre qui exprimera le Cube du rayon CB du globe de Compression de la Mine qui a servy de preuve; Cela posé on dira Comme la charge du fourneau de preuve est au Cube du rayon de son globe de Compression, ainsi la charge de la mine qu'on veut faire jouer est au Cube du rayon GF du globe de Compression quelle doit former. ayant trouvé ce Cube on en extraira la racine pour avoir l'hypotenuse GF du triangle rectangle GHF, ensuite on quarrera cette racine, et du produit il faudra en soustraire le quarré de la ligne de moindre resistance HG, et de la difference on extraira la racine quarré qui sera la valeur du rayon HF que l'on cherche.

NB. en suivant ce qui est enseigné dans cet article, on pourra disposer des fourneaux de façon que du premier coup ils fassent leur effet du côté qu'on voudra c'est à dire que les terres seront chassées selon une direction déterminée aussi bien que toutes qui sera sur l'horizon, ce qui pourra s'exécuter en faisant naitre des globes de Compression d'une certaine grandeur qui ne produisant aucun effet sensible au dehors pourroit vainement la tréante du terrain plutôt d'un côté que de l'autre, afin que les fourneaux doivent jouer immédiatement après avoir rompu l'équilibre rompu, agissent relativement à ce qu'on s'étoit proposé ce qui peut être d'un grand avantage pour la défense des places comme je le feray voir ailleurs, en détaillant bien des choses intéressantes que je passé icy sous silence.

ART: 15^{me} La Règle précédente aura toujours lieu, que les lignes de moindre resistance soient égales, ou non à celle du fourneau de preuve, pourvu que ce soit dans le même terrain, car les charges égales donneront de globes de Compression égaux, quoique les lignes de moindre resistance de fourneaux ne soient pas de même, par exemple si l'on a un fourneau placé en B capable du globe de Compression AICK, et que dans le même terrain à une certaine distance, on pratique un autre fourneau E dont la charge soit égale à celle du précédent, et la ligne de moindre resistance DE beaucoup plus petite que DB, le rayon EG du globe de Compression FHGL sera tout-à-fait égal au rayon BC du globe précédent; mais les deux triangles rectangles EDG, et BDC ayant leurs hypoténuses égales, sont en raison reciproque des quarrés, des rayons des cercles des entonnoirs auxquels ils répondent, et que par conséquent si l'on a deux fourneaux chargés également, mais dont les lignes de moindre resistance soient inégales, les cercles qu'ils formeront sur l'horizon, seront d'autant plus grands, que les quarrés des moindres resistance seront plus petits, enfin si la charge de deux fourneaux étoit inégale, de même que les lignes de moindre resistance, on aura des rapports pour découvrir ce que l'on cherche; puisque ceux-ci sont qu'une suite de ce que j'ay dit précédemment.

ART: 16^{me} Je viens de supposer que la resistance de l'air augmentoit dans la raison des charges, et c'est sur ce fondement que j'ay établi les règles précédentes, mais cette supposition ne sera pas absolument juste quand on voudra faire de fourneaux cubiques; car comme l'impulsion est toujours dans la raison triplée des Cubes ou l'on met la poudre, tandis que les colonnes d'air ne résistent que dans la raison doublée des cercles qui se forment sur l'horizon, il arrive qu'augmentant extrêmement la charge, la resistance de l'atmosphère est en quelque façon diminuée.

et cede plus promptement, ainsi la poudre n'ayant pas le temps de former des globes de compression proportionnés à son Impulsion, les cercles des entonnoirs ne se trouveront pas non plus avoir des diamètres tout à fait si grands que ceux que les règles doivent donner, mais Comme il est aisé de surmonter cette difficulté, en faisant en sorte d'embrasser un plus grand nombre des Colonnes d'air, afin de suppléer au poids qui leur marque pour résister toujours dans le rapport des charges, les règles n'en auront pas moins lieu dans la pratique, Comme je vas le faire voir en expliquant les expériences qui ont confirmé ce que j'ay dit jusqu'icy.

art: 37^{me} Dans l'endroit ou on fait les manœuvres de l'Ecole d'Artillerie de la Fère, on trouve en creusant trois especes de terrain; la premiere est une terre jaunâtre et sablonneuse, la seconde un sable melé de tuf assez dur, et la troisieme est composée d'un terre glaise extrêmement forte.

Nous avons fait jouer en different temps dans tous ces terrains un grand nombre des mines, soit pour des expériences, ou pour faire des logements, et les brèches qui doivent avoir lieu dans les attaques du Polygone, et ayant fait des observations très exactes sur leurs differens effets, j'ay remarqué que dans la premiere especie de terrain, il falloit 300^{lb} de poudre pour la charge des fourneaux qui avoient 30 pieds de ligne de moindre résistance afin de bien nettoyer les entonnoirs et faire que leur diamètre fassent double de la ligne de moindre résistance, que pour un semblable effet a la même profondeur, dans la seconde especie de terrain il en falloit 370^{lb} et enfin dans la troisieme 390^{lb}, toujours a 30 pieds de profondeur. toutes les mines que nous avons fait jouer depuis l'établissement de l'Ecole jusqu'en 1735, ne m'en avoient guere appris davantage, lorsque cette même année nous fîmes de nouvelles expériences afin de déterminer la quantité de poudre qu'il falloit pour vaincre la ténacité des terres qu'une mine devoit enlever indépendamment de leur poids, Car Comme cette ténacité n'est que dans la raison doublée tandis que la masse est dans la raison triplée, il paroit qu'il faut moins de poudre a proportion pour la charge des mines qui ont de grandes lignes de moindre résistance, que pour celles qui en ont des plus petites, or il est arrivé qu'en faisant les expériences dans la seconde especie de terrain, un fourneau qui étoit chargé de 300^{lb} de poudre, et qui n'avoit que 30 pieds de ligne de moindre résistance fit un entonnoir dont le diamètre avoit 27 pieds 3 pouces, au lieu de 20, et qu'un autre fourneau qui avoit 35 pieds de ligne de moindre résistance chargé a 380^{lb} fit un entonnoir dont le diamètre avoit 40 pieds 2 pouces, par conséquent d'environ 30 pieds plus que de coutume. d'autres fourneaux que l'on fit jouer pour le même sujet, donnerent aussi des entonnoirs plus ou moins grands que le double de la ligne de moindre résistance selon qu'ils étoient plus ou moins chargés, c'est alors que je fus

18
parfaitement convaincus, que plus une mine étoit chargée, et plus les
entonnoirs devoient être grands. N'ayant jamais pu me persuader qu'il
dût arriver le contraire, car longtems auparavant le principe m'avoit
donné beaucoup à penser; cependant je me mis à travailler beaucoup
plus sérieusement que jamais, pour appercevoir de quelle manière la poudre
agissoit dans ce fourneau, et ce qui devoit en résulter. Je crus alors
tout ce qui fait le fond de la Mémoire, mais comme en Matière de
Physique on n'ose l'affirmer de rien, si l'expérience ne le confirme, je pris
le parti d'en faire, et pour n'être point inquiété par les Contestations
de ceux que j'aurois eu peine à mettre dans mes intérêts, je les eussent
cités à la campagne, chez un de mes amis sans s'embarrasser de
la dépense qu'ils pouvoient me causer, dans l'espérance que je ferois après
l'usage des lumières qu'ils me procureroient, pour en être bien de doc-
trine; depuis ce tems là j'ai gardé le silence sur ce sujet, et me suis
contenté d'insinuer quelque chose à la fin de mon Mémoire sur la théo-
rie de la poudre, ce n'est pas que je voulusse faire mystère, j'ai toujours
été Enemy de ces Portes de Médiocrités, croyant que l'on gagne à Communiquer
aux autres le peu que l'on fait et qu'il n'y a pas même jusqu'aux petites
disputes que les opinions font naître, qui n'aient leur utilité; mais au
Commencement de cet été 1729 quelque personne voyant que j'aurois des sen-
timens opposés à ce qui est rapporté dans les relations de Expériences de
Gournay, faites autrefois sur ces mines par Mr de Maignigny. M^{or}
Le chevalier d'Abbouville Commandant de cet Ecole, jugea que
pour terminer les doutes et les petites Contestations qui naissent à ce
sujet, il étoit à propos de faire de nouvelles expériences, la chose en
méritoit bien la peine. mais avant de les détailler je crois qu'il est
à propos de faire encore mention de deux fourneaux que je viens de citer
afin de voir si leur effets ont eu quelque rapport avec le principe
de l'article 14^{me} car pour les expériences que j'ai exécutées en mon
particulier, je n'en parleray que par occasion, ne voulant rapporter
que celles qui ont été faites à l'Ecole, afin de ne rien avancer qui
ne soit relatif à ce que l'on a montré à la Cour, et qui puisse être
Certifié par tous ceux qui en ont été témoins.

Art: 18^{me} Ayant dit qu'il falloit 370^{lb} de poudre pour la charge d'une mine
de 30 pieds de moindre résistance prise du centre du fourneau dans un ter-
rain que j'ai désigné par la seconde espèce, et qui est le même que celui où
ont été faites les deux fourneaux dont je parle, je considère que cette mine
fait un entonnoir, dont le rayon du grand arc est égal à la ligne de
moindre résistance, le cube du rayon CB du plus grand globe de Compres-

Fig 9^{me} sion se trouve 2829 pieds, car les lignes CD et DB étant chacune de 30
pieds, le carré de CB en vaudra 200 qui étant multiplié par la ligne CB
même donnera le nombre précédent, dont on pourra se servir dans toutes les
opérations qu'on voudra faire pour connaître la grandeur des Entonnoirs.

Fig. 30^{me} Par le triangle voulant savoir quel doit être le diamètre EF dans le cas où le four-
neau sera chargé de 300 lb de poudre, je dis si 370 lb chargé du fourneau
dépense donne 2829 pieds pour le cube du rayon CB, que donneront 300 lb pour
le cube du rayon CA. il vient 4992 pieds cubes, desquels j'extrais la racine qui se
trouve de 34 pieds. Cela posé, je trouve le nombre, et du produit j'en extrais
la racine de 30 c'est à dire de la ligne de moindre résistance HC, et de la dif-
férence j'en extrais la racine qu'on a pour avoir le rayon HF qui se trouve
de 33 pieds 8 pouces 8 lignes, par conséquent le diamètre EF en doit avoir 27
pieds 5 pouces 8 lignes; et comme 300 lb de poudre dans l'expérience ont
formé un entonnoir d'un diamètre de 27 pieds 6 pouces, l'on voit que la
différence n'est que de quatre lignes, de même pour savoir quel sera
le diamètre de l'entonnoir d'une mine qui aurait 35 pieds de ^{ligne de} moindre
résistance, et dont le fourneau serait chargé de 980 lb de poudre; je dis
encore, Comme 370 est à 2829 ainsi 980 est au cube du rayon de
compression que l'on cherche qui se trouve de 16308, dont la racine cube
est de 25 pieds 3 pouces du genre de laquelle fourtrouvent. Celui de la
ligne de moindre résistance, est à dire 225 pieds, la différence est 412
pieds 6 pouces dont la racine qu'on a donc 20 pieds, 3 pouces, 8 lignes,
le double de laquelle est 40 pieds, 7 pouces, 4 lignes, pour le diamètre
de l'entonnoir, et comme celui de l'expérience n'étoit que de 40 pieds,
2 pouces, on voit que la différence est de 5 pouces, 4 lignes, ce qui vient
comme je l'ai dit cy devant, de ce que l'atmosphère résiste un peu moins
à proportion, quand les mines sont fort chargées que lorsqu'elles
le sont raisonnablement.

Art. 39^{me} pour juger présentement de la conformité de ce principe avec les expé-
riences faites en 1729; il faut être prevenu que l'on a creusé deux
puits dans la première espèce de terrain, ou j'ai dit qu'il falloit 300
lb de poudre pour une ligne de moindre résistance de 30 pieds de pro-
fondeur, les puits ont servis à conduire sept galeries sur le même
plan, à l'extrémité de chacune desquelles il y avoit un fourneau
dans un terrain bien homogène, ayant partout 30 pieds de ligne de
moindre résistance. le premier a été chargé à 320 lb, le second
à 360 lb. le 3^{me} à 200 lb. le 4^{me} à 240 lb. le 5^{me} à 280 lb.
le 6^{me} à 320 lb. et le 7^{me} à 360 lb; les ayant fait jouer les
uns après les autres, et bien examiné les entonnoirs à mesure
qu'ils se fermoient; Le diamètre du 1^{er} s'est trouvé d'environ 22 pieds
8 pouces, celui du 2^e de 26 pieds, et celui du 3^{me} de 29 pieds mais
2 à 3 pouces et les autres ont toujours été en augmentant jusqu'au
dernier qui avoit 38 pieds 6 pouces, ce fut pour le coup qu'on n'eut
plus lieu de douter que plus une mine étoit chargée et plus les enton-
noirs devenoient grands. Cependant Comme je ne pense pas que ceux qui ont
fait les expériences de Joumay aient eu dessein d'en proposer en avançant
le contraire; il est à présumer que dans l'endroit où ils ont établi leurs
fourneaux, il y avoit en autrefois quelques puits de Correns, qui pour avoir

20
et Comblés depuis longtems ont rendu le terrain aussy solide en apparence que si n'avoit jamais été fouillé, et que la poudre ayant trouvé un foible de la Côté la, a empêché qu'il ne se format un globe de compression comme a l'ordinaire, ainsi que j'ay dit que cela nous étoit arrivé, ce qui paroit d'autant plus vray semblable, qu'aux environs de Jourmay il y a un grand nombre de carrières d'où l'on a tiré cette belle pierre qui s'emploie en Flandre, peut être aussy les galeries qui conduisoient aux fourneaux étoient pas bien bouchées, sur tout vers le ciel, qui est le côté le plus difficile à remplir, car si l'air extérieur a pu s'insinuer par là, pour aller gagner le fourneau, il n'en falloit pas davantage pour empêcher que l'entonnoir ne fut si grand a beaucoup près qu'il devoit être, et c'est ce que j'ay remarqué plusieurs fois^a des mines qui étoient chargées a la même quantité de poudre. Celles qui paroissent avoir été bouchées avec negligence, ne faisoient pas des entonnoirs si grands que les autres ou en avoit pris plus de soin; car jusqu'icy les mineurs n'ont d'autre objet en bouchant les galeries que d'empêcher que l'action de la poudre n'agisse de la Côté la, ne pensant pas qu'il falloit se précautionner pour les accidents de dehors au moins autant que pour ceux de dedans.

Art: 20^{me} Si l'on veut s'avoir la grandeur des Diamètres des Entonnoirs qui devoient donner les charges des fourneaux dont je viens de parler, en sçavoir qu'on faire les mêmes opérations que cy devant; si 300^{lb} de poudre donne 28 29 pour le Cube du globe de compression, qui donneront 320^{lb}; on trouvera après avoir faite toutes les opérations, que l'entonnoir du premier fourneau devoit avoir 22 pieds 6 pouces de Diamètre, celui du 2^{me} de 26 pieds 2 pouces. le 3^{me} 28 pieds 11 pouces, et celui du 4^{me} 38 pieds 3 pouces. ce qui quadre assez avec les expériences précédentes pour ne rien laisser a désirer sur la certitude de la Théorie que je viens d'insinuer. Quelques tems après on fit encore un nouveau puits, qu'on creusa dans un terrain semblable a celui de la seconde espèce. il servit a conduire a deux galeries, dont l'une répondoit a un fourneau chargé de 3000^{lb} de poudre, et l'autre chargée de 80 seulement, afin que le dernier put nous faire juger de la ténacité. Le fourneau n'a point fait d'entonnoir, mais seulement une Monticule d'environ deux pieds de hauteur, couverte par les terres qui sont retombées après s'être élancées tout soit peu au dessus de l'horizon, l'objet qu'on se proposa en letablissant, étoit de voir ce que produira 80^{lb} de poudre dans le terrain la. ce qui m'a confirmé qu'il en falloit environ 170^{lb}, pour faire un entonnoir dont le diamètre fut double de la ligne de moindre résistance, comme j'étois absent quand on le fit jouer, quelque jours après le m.

Mesuray moy même le grandeur des Entonnoirs avec un officier de mineurs,
 J'ay trouvé que le diamètre de l'entonnoir du grand fourneau étoit d'environ 45 pieds
 4 pouces, quoique de ceux qui l'ont mesuré d'abord, les uns prétendent s'en avoir trouvé
 que 42 et d'autres 43. Cette différence vient apparemment de ce qu'ayant mesuré cette
 mine immédiatement après qu'elle eut fouée, on a regardé les terres qui étoient res-
 tombées sur le bord intérieur de l'entonnoir, comme si elles n'avoient pas été
 enlevées, au lieu que quand j'y ay été, les terres s'étoient écoulées dans le fond,
 et avoient pour ainsi dire chassées par les grosses pluies survenues dans cette inter-
 valle, ce qui m'a fait appercevoir plus distinctement le cercle formé par les
 terres vierges, et M^{rs} le chevalier D'Abboville qui s'est donné la peine
 de mesurer cette entonnoir le lendemain que la mine eut fouée, m'a dit
 avoir aussi trouvé 45 pieds quelque pouce de diamètre; au reste si l'on
 fait la règle dont le premier terme doit être icy de 370, on trouvera que le
 diamètre de l'entonnoir, devoit être de 45 pied 30 pouces, ce qui fait un
 pied six pouces de plus; cette différence ne doit point surprendre grand
 elle seroit encore plus grande, car premièrement la résistance de l'air n'étant
 pas si grande à proportion que dans les autres épreuves, l'entonnoir
 ne devoit pas se trouver tout à fait si grand. D'autre part la ligne
 de moindre résistance ayant été prise du centre du fourneau dont
 le coffre avoit 30 pouces de tout fens, il ne s'est trouvé que 8 pieds
 9 pouces de terre au dessus, ce qui fait une masse bien moindre à pro-
 portion, que dans la mine chargée à 370 ^{lb}. par conséquent la poudre
 ayant trouvé moins de masse, moins de ténacité, et moins de résistance
 de la part de l'air, n'a pas eu le temps de former un globe de compres-
 sion aussi grande qu'elle l'eût fait, si l'obstacle qu'elle avoit à vaincre
 eût été moins promptement, puisque prenant toujours la ligne de moins
 de résistance au centre du fourneau cubique et augmentant la charge
 de plus en plus, il n'y avoit point de doute que diminuait aussi la
 quantité de terre qui doit ballonner l'effort de la poudre pen-
 dant quelque temps, le globe de compression ne pouvant s'étendre
 jusqu'à un certain point, les entonnoirs ne deviennent un peu moins
 grands qu'ils ne devoient être effectivement.

On a vu dans l'article 35^{me} que des mines qui avoient des lignes
 de moindre résistance inégales et chargées également dans un ter-
 rain homogène, devoient donner des entonnoirs, dont les quarrés
 des rayons seroient d'autant plus grands, que ceux des lignes de
 moindre résistance seroient plus petits, et c'est ce que l'on apper-
 çut effectivement si l'on compare cette dernière expérience avec celle
 dont j'ay fait mention vers le milieu de l'article 37^{me} et à la
 fin de l'article 38^{me}, où j'ay dit qu'une mine chargée à 980 ^{lb}
 de poudre, et qui avoit 35 pieds de ligne de moindre résistance,
 prise du centre du fourneau, avoit fait un entonnoir de 40 pieds 2 pouces
 de diamètre; or comme celle qui étoit chargée de 3000 ^{lb} à 30
 pieds de ligne de moindre résistance étoit dans un terrain semblable,
 et chargée seulement de 20 ^{lb} de poudre, de plus Examinons si le diamètre

22
de cette dernière Epreuve se trouve conforme à l'article 35^{me}.
Pour la Confiance que le quarré de la ligne de moindre résistance
du fourneau, placé à dix pieds de profondeur, est 300 que le quarré
du rayon de l'entonnoir de 40 pieds 2 pouces de diamètre est $403\frac{1}{3}$,
et que celui de la ligne de moindre résistance de la même mine
est 225, or si ces quarrés servent de terme à une proportion arith-
métique $300, 403\frac{1}{3} : 225$, on trouvera pour la somme des moyens
 $628\frac{1}{3}$ don soustrayant le premier terme l'on aura $528\frac{1}{3}$ pour le
4^{me}, c'est à dire, pour le quarré du rayon de l'entonnoir de la dernière
Epreuve, dont la racine est 22 pieds 8 pouces, son diamètre
étant trouvé ^{de} 45 pieds 4 pouces, l'on voit que la différence est de 3
pouces 6 lignes, ce qui vient, comme je l'ay dit à l'article 20^{me},
de ce que l'air ne résiste pas tant à proportion sur l'horizon d'un
fourneau chargé de 3000 lb de poudre à 10 pieds de profondeur,
qu'il feroit s'il n'étoit chargé que de 330. Mais ce qu'il ya de
particulier icy, c'est que tandis que le rayon de 22 pieds 8 pouces 6 lignes
se trouve plus grand de trois pouces six lignes que celui que la mine
avoit en effet, il se rencontre que ce même rayon est plus petit
de 5 pouces 6 lignes, que cette mine auroit dû avoir si son effet
eut été proportionné à l'action de la charge de 330 lb de poudre.
(Ayant trouvé donc l'article 20^{me} que ce rayon devoit être de 23
pieds 5 pouces) cette autre différence vient de ce que nous avons
supposé que la dernière epreuve avoit été chargée comme celle de
35 pieds de ligne de moindre résistance, mais comme la précédente
avoit 20 lb de poudre de plus, donc toute la règle elle devoit don-
ner un rayon plus grand que celui que l'on vient de trouver par
la Comparaison des epreuves, ce qui est une nouvelle preuve de la
certitude de ce qui est rapporté dans le 35^{me} article; au reste il ne
faut pas tellement prendre cecy à la rigueur, comme pour s'ima-
giner que deux fourneaux chargés également, l'un a une ligne
de moindre résistance extrêmement grande, et l'autre extrêmement
petite, donnent des globes de compression égaux, car encore faut il
que la charge qui répondra à la plus petite ligne de moindre ré-
sistance, trouve une certaine quantité de terre au dessus du fourneau,
pour ballonner l'effort de la poudre, à cause que l'air ne résiste
point à proportion de l'augmentation des charges, ainsi je crois que

23
que le terme jusqu'où cette règle peut s'étendre, est que la plus petite ligne de
moindre résistance, ne soit jamais au dessous du quart de la plus grande.
J'aurais encore bien des choses à dire sur cette article pour prévenir les ob-
jections qu'on ne manquera pas à me faire, car je m'attends d'être chicané,
mais peut être aaray-je le même sort que Harvey quand il soutint pour
la première fois la circulation du sang, les Médecins de son temps le
traitèrent de visionnaire, et ce n'a été qu'avec peine qu'ils ont été forcés
par la suite de reconnaître qu'il avait raison.

Art: 23^{me} Pour faire la chose avec précision et conserver une espèce d'égalité de
la part de la résistance des terres il faudroit que la ligne de moi-
ndre résistance pour être toujours de même, fut prise au dessus du hiel du
fourneau et non pas du centre, autrement la différence des Coffers
causera de l'altération, mais comme il ne conviendrait pas non plus d'inter-
rompre les Coffers, parce que ce feroit donner de l'avantage aux expériences,
il n'y a donc point de party plus judicieux à prendre que de les faire tou-
jours de la même profondeur que celui qui a servi d'épreuve.
Les fourneaux que j'ay dit avoir fait pour à l'école il y en avoit deux
chargés chacun à 300^{lb} de poudre dans une terre douce, le Coffer
du premier étoit cubique, et fit un entonnoir de 33 pieds 4 pour
de diamètre, et celui du second qui étoit plat en fit un, dont
le diamètre se trouva de 35 pieds 3 pouces, ayant l'un et l'autre
6 pieds de ligne de moindre résistance exprimée par les terres
Vierge.

Les Coffers du troisième et quatrième avoient la figure d'une Py-
ramide Quadrilatère tronquée, dont la plus petite quarré seroit
de base, les ayant chargés de même que les précédents ils firent
deux entonnoirs d'environ 35 pieds 33 pouces, cet adieu approchant
comme celui du Coffer plat; ce qui montre qu'ils contribuent
mieux que les Cubiques à rendre les entonnoirs plus grands, et j'ai
même mieux m'en tenir aux plats, parcequ'ils sont aises à établir,
et même plus commodément que les Cubiques, sur tout quand la
charge est considérable, et la base proportionnée à la plus grande
quantité de poudre qu'on y veut mettre, et comme il faut que cette
base soit quarrée on en pourra connaître le côté en disant, si
la charge de 370^{lb} donne 27 4 pouces pour le quarré de sa base, que
donnera la charge de 3000^{lb} pour le quarré de la sienne. on trouva
3612 pouces, dont la racine est environ 60, et alors le Coffer étoit plat
(le Coffer Cubique qui contient exactement 370^{lb} de poudre doit
avoir 36 pouces 7 lignes de racine prise dans oeuvre, et c'est la dessus
qu'on a fait le calcul, dont je parle icy, comme on le voit marqué par I K.) la spher

Fig: 13.^{me}

La Sphere d'impulsion EFGH au lieu d'être ronde, prend la forme d'un Ellipsoïde dont le grand cercle aura pour diamètre EC, ainsi quand la poudre commencera à se déterminer vers le Ciel, elle embrassera une plus grande surface, ce qui fera que le globe de compression AXBT prendra aussi la figure Ellipsoïde, répondra à un plus grand nombre des Colonnes d'air, et la résistance de l'atmosphère se trouvera proportionnée à l'impulsion; de même la ligne de moindre résistance DC, étant égale à celle du fourneau déprave, toutes choses seront relatives à l'effet du premier fourneau, et les rayons du globe de compression pourront s'étendre jusqu'au point A et B, au lieu qu'ils ne s'étendroient que vers les points P & Q, si le fourneau étoit Cubique, comme MLNO, et si la hauteur des terres au lieu d'être exprimée par la ligne ED ne l'étoit que par CR; cependant sans avoir égard à tout cela, le fourneau chargé à 3000 Lb de poudre, et qui n'avoit que 8 pieds 9 pouces de terre au dessus, n'a pas cessé que de faire un entonnoir de 45 pieds de diamètre, qui ne fera si l'on veut que de 43 pieds, pour éviter toute contestation; car un pied ou deux plus ou moins ne fait rien contre mon système.

Art: 22.^{me} auroit en ~~place~~ Grains, si l'expérience ne l'avoit montré qu'il fut possible de faire des entonnoirs dont la Capacité seroit presque six fois plus grande que de coutume. Car si le fourneau avoit été chargé ainsi que je viens de dire, la superficie de son grand cercle auroit été à celui d'une mine ordinaire comme 2193 est à 400 aussi me suis je aperçu (quand j'ay dit autre fois qu'on pouvoit faire à la même ligne de moindre résistance des entonnoirs selon des diamètres donnés) qu'on étoit fort éloigné de me me croire, cependant cette proposition ne renferme rien que de bien naturel, et afin qu'on en puisse faire usage dans les occasions, ou en le jugera nécessaire, je m'arrêteray un moment sur ce point.

Si l'on vouloit faire un entonnoir de douze pieds de ligne de moindre résistance, dont le diamètre fut de 56 pieds, pour savoir la quantité de poudre dont le fourneau doit être chargé, il faut ajouter ensemble le carré de la ligne de moindre résistance et celui du rayon; c'est à dire, de 32 et de 28, qui donnent 928, dont ayant extrait la racine quarrée qui est 30 pieds 5 pouces 3 lignes il faudra la multiplier par le même nombre, et le produit donnera

25
donnera 28243 pieds pour le cube du rayon du globe de compression que l'on cherche, cela posé, il faut avoir égard sur toute chose à la nature du terrain qu'on veut enlever, et supposer qu'il soit semblable à celui que j'ay appelé le de la première espèce, on dira si le cube du globe de compression 2829 demande 1000 Lb de poudre pour la charge de son fourneau, Combien en faudrait il pour celle du globe de compression dont 28243 est le cube du rayon? on trouvera qu'il faut 998 Lb ou si l'on veut 1000 pour le avoir précisément la grandeur du Coffre qui doit la contenir, Je considère que celui qui serait Cubique pour 100 Lb a 34 pouces de racine que parcourant selon ce qui est dit plus haut, il faut que celui qu'on veut faire, ait la même profondeur. Si la charge du fourneau démontre que je suppose toujours renfermée dans un Coffre Cube, étoit plus grande ou plus petite que celle que je donne par exemple, il faudrait que la profondeur du Coffre plat, fut la même que le côté du Cube de la charge qui aura servi d'épreuve telle qu'elle puisse être. ainsi Je pose 34 dont le produit est 1156, et ensuite je dis si 100 Lb donne 1156 pouces quarrés pour la superficie de la base du Coffre, Combien en donneront 1000 Lb , on trouvera 11560 dont il faudra extraire la racine quarrée qui est 107,6 pouces 3 lignes 2 points pour le côté de la base que l'on demande qui doit être considéré dans l'intérieur du Coffre afin d'avoir égard à l'épaisseur des planches.

Art. 23^{me} Si l'Agiffait d'opérer dans un terrain dont on ignore la ténacité pour n'y avoir jamais fait d'épreuve, il faudrait voir s'il y a quelque rapport avec ceux dont j'ay parlé, et alors prendre pour base une des trois charges qui doivent y convenir. Mais si l'on étoit absolument différent, Je crois que pour peu qu'on ayt de pratique, il ne sera pas difficile de juger du plus ou du moins de poudre qu'il faudra employer; Mais si on le vouloit le avoir avec plus de précision par une épreuve au cas qu'on fat à main de le faire, on aura qu'à établir un fourneau à 8, 10, ou 12 pieds de Profondeur, le charger à la quantité de poudre que l'on voudra, mais plutôt fort que faible, et après que l'entonnoir sera formé en mesurer exactement le diamètre, avec lequel, et à l'aide de la ligne de moindre résistance, on pourra connaître les charges, pour que les entonnoirs puissent avoir leur diamètres doubles de la ligne de moindre résistance, ou bien plus grands ou plus petits selon l'objet qu'on aura en vue. NB Sans avoir égard à ce qui est dit dans cet article nous pourrions voir dans la suite qu'une seule épreuve faite dans un terrain quelconque peut suffire pour déterminer la charge des fourneaux dans toute autre terre de quelque nature qu'il puisse être Sans qu'il soit besoin d'en faire des nouvelles épreuves à mesure qu'on change de situation.

Art. 24^{me} Je crois qu'on ne pouvoit rien desirer de plus avantageux pour l'usage des mines que la connoissance des choses que je viens d'expliquer, Car il arrive souvent qu'à l'attaque des places qui sont situées dans des lieux aquatiques, le Mineur est privé de s'approfondir aussi avant qu'il le faudroit pour faire des entonnoirs Capables de loger une certaine quantité de monde, au lieu qu'en employant des Coffres plats, et se servant des regles precedentes, on peut à la profondeur de 8 à 10 pieds faire des logements aussi spacieux que si la mine en avoit eu 25 ou 30.

une autre Consideration qui n'est pas moins essentielle, est qu'il ne faut tant de poudre, pour la charge des mines que je propose, que pour celles, dont les diametres des entonnoirs seroient double de la ligne de moindre resistance; Car selon la methode ordinaire, il faudroit, pour avoir un entonnoir dont le diametre fut de 50 pieds Comme celui de l'operation precedente, que la ligne de moindre resistance fut de 28 pieds, et alors en suivant les tables des mines charger le fourneau de 2058^{lb} de poudre au lieu qu'il ne m'en faut que 1000^{lb}. on objectera peutêtre que mes entonnoirs n'ont pas la même profondeur qu'on pouvoit leur donner, dans un terrain ou on ne feroit point incommode des eaux, et que par consequent le logement n'en sera pas si commode, mais un semblable discours ne viendra jamais d'un homme qui a vu la guerre, puisque cette profondeur des entonnoirs loin d'être un avantage est un defaut considerable; Car l'assiégeant est obligé d'en combler le fond, pour y faire une plateforme, pendant cela il ne perd pas un celat des bombes et des grenades que la place s'attache de faire dans ces fortes d'endroits; D'ailleurs il faut remarquer que plus le Mineur assiégeant est obligé de s'enfoncer, et plus il est exposé à être inquiété par celui de la place, sans compter le tems qu'il perd inutilement, donc des circonstances ou les momens sont précieux, J'ajouteray encore, que quand une mine qui n'a que 8 ou 10 pieds de ligne de moindre resistance, est chargée de façon à faire un entonnoir de 45 ou 50 pieds de Diametre le globe de compression a tellement ébranlé les terres, qu'à 4 ou 5 pieds au delà du bord de la circonférence de l'entonnoir, elles sont desunies de façon qu'on ne trouve aucune difficulté à les enlever, de sorte qu'en moins d'un quart d'heure on peut remplir les gabions, et former le parapet du Logement, ainsi l'entonnoir au lieu d'avoir 50 pieds de diametre

peut donc un instant en avoir 60, et tout bien considéré, les avantages
me paroissent assez grands, pour mériter qu'on y fasse attention.
Il s'agit au contraire de la défense d'un Glacis, sous lequel on veut
pratiquer des Mines, on pourra les rendre Capables d'un grand effet, en
ne donnant aux lignes de moindre résistance que 30 y 40 pieds, afin que
les entonnoirs n'ayant gueres de profondeur, le feu du chemin
couvert puisse plonger dedans, pour empêcher l'ennemy autant qu'il
se peut de s'y établir, les mines ayant peu de lignes de moindre
résistance, on pourra faire plusieurs Etages de fourneaux, et tra-
verser long tems l'ennemy dans la situation mesme ou les mines
ne paroissent pas praticable, puisque quand l'eau du fossé étoit
au niveau du terre plein du chemin couvert, la masse du Glacis
suffit, comme je l'ay fait voir dans un autre Mémoire, qui
a pour objet la distribution des fourneaux pour d'attaque et
la défense des places. NB le mémoire dont je parle icy est une applica-
tion de Théorie à la pratique des mines, je n'ay pas encore mis au jour
c'est point entièrement achevé mais je compte dans peu d'y donner la der-
nière main des esperance qu'il pourra devenir très utile à ceux qui prennent
intérêt à la forte des choses.

Art. 25^{me} Nous avons parlé jusqu'icy d'un terrain homogène, dans laquelle le
Globe de compression pourroit se former régulièrement, mais comme
cela ne se rencontre pas toujours, examinons ce qui doit arriver
en toute sorte de cas.

Je suppose premièrement que depuis la surface de la terre, jusqu'à une
certaine profondeur, qui sera si l'on veut de 50 ou 60 pieds, la tena-
cité du terrain va toujours en augmentant, selon les termes d'un pro-
gression arithmétique, dont la premier seroit zero, c'est à dire, que
la tenacité qui répondroit à la surface seroit si peu de chose,
qu'on peut la regarder comme insensible, ce qui arrive effective-
ment lorsque cette surface est composée de quelque lit. de
terre remuée mais quand à mesure qu'on approfondit de pouce
en pouce, on rencontre des lits dont la tenacité croit également
alors elle pourra être exprimée par les elements d'un triangle
isocèles.

Comme il peut arriver aussi que la tenacité qui répond à la
surface de la terre soit assez considérable pour y avoir égard,
si elle va toujours en croissant, suivront une progression arithmé-
tique, cette tenacité au lieu d'être exprimée par les Elements d'un
Triangle, pourra l'être par deux trapèzes.

Enfin je considère que la plus grande tenacité pourroit répondre à

à la surface de la terre, & aller toujours en diminuant régulièrement, jusqu'à la profondeur de 50 ou 60 pieds, sans me mettre en peine de la quelle peut être au delà, alors cette tenacité pourra encore être exprimée par les Eléments d'un trapèze, qui aurait pour base le plus petit le plus petit de deux Côtés parallèles.

Si donc les trois espèces de terrain on établit des fourneaux à la même profondeur, l'on apperceoit d'abord qu'ils doivent être chargés différemment pour produire le même effet c'est à dire, pour faire par exemple, de entonnais dont le diamètre du grand cercle de la ligne de moindre résistance en fait double, et que les globes de compression ne sont plus parfaitement ronds, parce que la poudre pénétrera plus ou moins d'un côté que de l'autre, selon la tenacité qu'elle rencontrera, d'où il s'en suit que la coupe du globe de compression d'un plan vertical par la ligne de moindre résistance sera une courbe, dont le centre du fourneau peut passer pour le foyer, or il s'agit de déterminer la nature de cette courbe, par conséquent de montrer à quelle distance sont se terminer les rayons du globe de compression, et de rechercher toutes les particularités qui peuvent avoir rapport aux trois précédents, afin d'en tirer de justes conséquences, pour se conduire dans la pratique, mais avant cela, je vais donner la solution de deux petits problèmes qui serviront d'introduction à ce que j'ay à dire.

Art. 26^{me} Ayant un Triangle Isocèle ABC on demande de déterminer le point

Problème 1^{er}, Fig: E de la perpendiculaire AD prolongée, en sorte que menant la ligne FG 34^{me} parallèle à la base BC et terminée par le prolongement des Côtés du même triangle, le trapèze FBCG lui soit égal; il faut prolonger les extrémités de la perpendiculaire AD, en sorte que AI et DH soit chacun égal à cette perpendiculaire. Mener sur la ligne IH comme diamètre, décrire un demy cercle IKH, et élever au point A la perpendiculaire AK, alors faisant AE égal à AK le point E sera celui qu'on cherche.

pour le prouver, il suffit de démontrer que le triangle AFG est divisé en deux également par la ligne BC, parallèle à la base FG, ou ce qui revient au même que la perpendiculaire AD est moyenne proportionnelle entre la toute AE, et sa moitié.

Les lignes AI . AD . DH . étant égales, chacune sera nommée, a. et les perpendiculaires AK, ou AE b. Cela posé, par la propriété du cercle l'on aura $2aa = bb$ ou bien $aa = \frac{bb}{2}$ c'est à dire $aa = b \times \frac{b}{2}$ CQ & D.

Probleme 2^{me} L'on propose un trapèze ABCD dont les cotés BC et AD sont parallèles, 29

Fig: 35^{me} et les deux autres AB et DC également inclinés sur la base AD. On demande de prolonger la perpendiculaire EF qui passe par le milieu du trapèze jusqu'au point G, en sorte que menant la ligne HI parallèle à AD et terminée par la rencontre du prolongement des cotés BA et CD, le nouveau trapèze HADI soit égal au premier. Pour cela il faut observer le triangle AKD, élever sur l'extrémité K de la ligne KG la perpendiculaire KM égal à KF, et tirer l'hypothénuse MF du triangle rectangle MKF, en suite prendra sur KM la partie KL égale à KE, et si avec le compas l'on fait LG égal à MF, le point G sera celui que l'on demande;

Pour le démontrer, je dis que le grand trapèze HBCI, est divisé en deux également par la ligne AD, car MK ayant été égal à KE, et LG égal à MF, il s'en suit que le triangle rectangle MKF est isocèle, et que son hypoténuse est égal à celui du triangle rectangle LKG ainsi le quarré de MK ou de KF sera égal à la moitié de celui de l'hypoténuse LG mais comme le dernier vaut les quarrés des perpendiculaires KG et KE, pris ensemble, à cause qu'on a fait KL égal à KE, il s'en suit que le quarré KF vaut la moitié de la somme des deux précédents, et en est la moyenne arithmétique, par conséquent l'on peut dire que les quarrés des perpendiculaires KE. KF. KG se surpassent également, ce qui montre que les triangles BKC. AKD. HKI. se surpassent de même, ainsi les trapèzes ABCD et HADI sont égaux CQFD.

Suite du Si on vouloit augmenter le trapèze ABCD d'un sens opposé à celui
Probleme 2^{me} du précédent il faut d'abord pour que le problème fut possible
Fig: 36^{me} qu'après avoir achevé le triangle, la perpendiculaire FG soit au moins triple de la hauteur EF du trapèze, en ce cas on élèvera la perpendiculaire GL sur l'extrémité de EG, et on la fera égale à FG, ensuite on fera EK égal à FL, et si l'on prend GM égal à GK, le point M sera celui par lequel il faut faire passer la parallèle HI, pour avoir le trapèze HADI égal au trapèze ABCD, je n'ai supprimé la démonstration parcequ'elle est la même que la précédente.

Art: 27^{me} Si l'on suppose que la ligne PQ représente la surface de la terre, Fig: 37^{me} et que depuis cette surface en approfondissant, la ténacité aille toujours en augmentant, en sorte qu'elle puisse s'exprimer par les éléments d'un triangle isocèle VBX il est constant qu'ayant au point A un fourneau chargé d'une quantité de poudre Capable seulement d'un globe de compression qui aille se terminer à la surface PQ, tous les rayons tels que AB. AM. AN. qui sont au dessus du fourneau, sont plus grands que les autres AC. AI. AD. qui sont au dessous. or comme la poudre pénétrera à proportion de la résistance qu'elle rencontrera dès que la ligne AB exprimera le plus grand rayon du globe de compression,

La ligne AC exprimera le plus petit, si le trapèze EVXF est égal au triangle VBX parce qu'alors la ténacité du dessous du fourneau sera en quelque façon en équilibre avec celle du dessus et comme nous avons donné la manière de déterminer le point C on voit que l'on pourra toujours connoître la grandeur des rayons extrêmes AB et AC. pour juger présentement de la nature de la Courbe, ou doivent s'aller terminer tous les rayons du globe de Compression, il faut du Centre A et de l'intervalle AC décrire un arc, en diviser la demi circonférence GVC, en autant de parties égales que l'on voudra, comme par exemple en 8 et diviser aussi dans le même nombre de parties égales, la ligne BC différente des deux rayons extrêmes AB et AC. Cela posé, si l'on fait mouvoir par pence la ligne AB autour du point A, d'un mouvement uniforme depuis B jusqu'à S et qu'en même temps le point B s'approche de A aussi d'un mouvement uniforme, alors le point aura un double mouvement, de sorte que si le rayon AB a diminué de la 8^{me} partie de la différence BG tandis qu'il a parcouru la première partie GZ de la circonférence, le point B sera parvenu en M, et aura décrit la portion BM de la Courbe, et si ce rayon a mesuré qu'il parcourra la 2^{me} 3^{me} et 4^{me} partie du quart de l'arc GV diminuée à chaque fois de la quantité que nous venons de supposer, quand le point M sera parvenu en S, il aura décrit la Courbe BLS, alors les rayons AB. AM. AL. AR. AS. diminueront également, et le dernier AS sera plus petit que AB de la moitié de BG. enfin si le rayon VS en parcourant l'autre quart ~~de la~~ de la circonférence, le point S fait la même chose allant de S en C, or comme tous les rayons du globe de Compression que formera le fourneau doivent aussi diminuer également à cause que la ténacité du terrain va toujours en augmentant de B en C, l'on voit que la Courbe qui seroit la génératrice de la surface de ce globe est une spirale des plus régulières.

Fig: 38^{me} Si la ténacité à la surface de la terre étoit déterminée par la ligne ST et celle qui répond au plan du fourneau par la ligne VX alors toute celle qui se trouveroit dans la ligne de moindre résistance AX pourra être exprimée par les éléments du trapèze VSTX, et si le globe de Compression va encore se terminer à la surface QR on pourra par le second problème de l'article 26^{me} trouver le point Z pour marquer la grandeur du plus petit rayon XZ du globe de Compression au dessous du fourneau, en faisant en sorte que le trapèze OVXP soit égal à l'autre VSTX, parce qu'alors la résistance des terres depuis X jusqu'à A sera encore en équilibre avec celles qui se trouveront depuis X jusqu'à Z.

Fig:
39^{me}

Enfin si la ténacité qui répond à la surface de la terre étoit la plus grande de toutes, et qu'elle alla toujours en diminuant, c'est à dire, par exemple, qu'à l'extrémité de la ligne de moindre résistance, elle fut déterminée par la ligne AB, et sur le plan du fourneau seulement par DE, on trouvera de même le point I où doit aller aboutir le plus grand rayon HI du globe de compression, en faisant la qui a été enseigné à la suite du second Problème de l'article 25^{me} c'est à dire en faisant la trapèze FDEG égale au trapèze DABE, et quand on aura une fois les deux rayons extrêmes, il sera aisé dans le cas cy, comme dans le précédent de tracer le globe de compression et de le savoir jusqu'où il doit s'étendre.

Il suit des articles précédens, que quand on a des fourneaux différens, il faut pour avoir leur charge dans une juste proportion, qu'elle soit dans la raison composée des cubes des rayons des globes de compression, et de la superficie des plans qui exprimeront la ténacité; et quoiqu'il soit dans la pratique ces plans ne soient point sensibles, ils ne laisseront pas d'avoir lieu, puisque l'on pourra juger du rapport de leur cotés parallèles, par celui de la pesanteur spécifique du terrain pris aux deux extrémités de la ligne de moindre résistance, comme on le va voir par l'application que j'en vais faire.

Art: 28^{me}

La densité d'un Corps n'étant autre chose que l'union intime de ses parties, l'on sent bien que plus cette union est grande, et plus il y a de matière solide renfermée sous une même volume. Car il y a bien plus de matière solide dans un pied cube de marbre, que dans une autre de sable, et c'est ce qui fait que le premier pèse plus que le second, or comme dans la pratique on ne peut guère juger de la ténacité des corps que par leur pesanteur spécifique, je crois que c'est le seul moyen auquel on peut avoir recours pour estimer celle du terrain, ou l'on veut faire fouer des mines, mais cette estimation demandant d'être faite avec beaucoup de précision, voyez ce me semble comme on doit s'y prendre.

Il faut creuser dans le terrain qu'on veut connaître, une espèce de la grandeur d'un pied cube, en sorte que la solide y soit bien formée sans anticiper sur tout ce qui ne doit point en faire partie, en suite rassembler ce qui sera provenu de l'excavation, prenant bien garde qu'il n'y ait ny plus ny moins, et qu'aucune matière étrangère ne s'y trouve mêlée; après quoy on aura qu'à l'apaiser sous l'équilibre du volume qu'elle avoit alors, et si on agit de même pour un autre terrain, on pourra par le rapport de leur poids connaître celui de leur ténacité, si le terrain est composé d'une matière qui ne peut point être pénétrée aisément par l'eau, comme le marbre, le suif, le roc &c on pourra en connaître la pesanteur spécifique d'une manière bien plus

Exacte que la précédente et qui demande moins de Sujettion, il n'y a
 à qu'à prendre un morceau quelconque de la pierre dont il s'agit, le
 peser exactement dans l'air sans se troubler de son volume, ny de
 sa figure, ensuite le peser encore et tout plonger dans l'eau; comme
 il pesera moins dans l'eau que dans l'air, l'on en prendra la
 différence qui sera la pesanteur spécifique de l'eau que le corps a oc-
 cuper; ensuite l'on dira Comme le poids que l'on vient de trouver
 est à la pesanteur d'un pied Cube de la même eau (qui est com-
 munément 72^{lb}) ainsi le poids de la pierre dans l'air est au
 poids d'un pied Cube de la même pierre.

Fig: 9 et 10^{me}

SMITHSONIAN INSTITUTION LIBRARIES

3 9088 00331214 7

nmahr b fMSS287 B

Traite ou m:emoire sur une nouvelle th: